

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 6 3 0 2 1

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 3 月 7 日

(51) Int. Cl. 6

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 7

F D

(全 1 5 頁)

(21) 出願番号 特願平 8-170722

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 6 月 11 日

(31) 優先権主張番号 特願平 7-171585 (Ser. No.)

(32) 優先日 平 7 (1995) 6 月 15 日 (Filing Date)

(33) 優先権主張国 日本 (J P) (Country)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号

(72) 発明者 宮内 大助

東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号ティー
ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 佐々木 徹郎

東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号ティー
ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 小俣 英一

東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号ティー
ディーケイ株式会社内

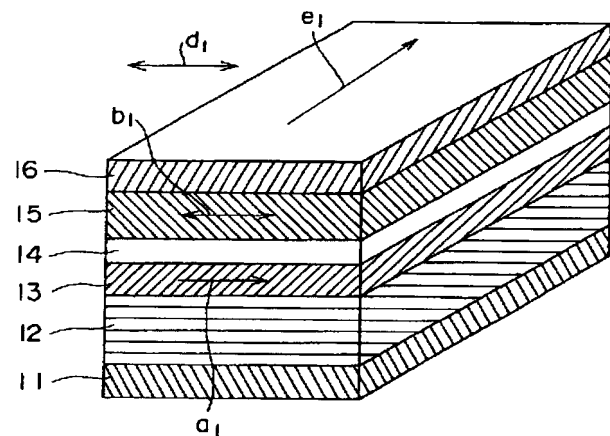
(74) 代理人 弁理士 山本 恵一

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ構造を有する磁気抵抗効果素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高い磁気抵抗効果を安定に示す磁気抵抗効果素子及びその製造方法を提供する。

【構成】 基板上に、少なくとも、NiMn合金からなる反強磁性層 (12)、第1の強磁性層 (13)、非磁性層 (14) 及び第2の強磁性層 (15) が該基板側からこの順序で積層されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、少なくとも、NiMn合金からなる反強磁性層、第1の強磁性層、非磁性層及び第2の強磁性層が該基板側からこの順序で積層されていることを特徴とするスピバルブ構造を有する磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 磁気抵抗変化率が3%以上であり、かつ交換バイアス磁界が100Oe以上であることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記反強磁性層の層厚が50Å～500Åであることを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記第1及び第2の強磁性層の各々が、Ni、Fe及びCoのいずれか1つを含む合金からなり、該第1の強磁性層の層厚が15Å～150Åであることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記非磁性層が、Cu、Ag及びAuのいずれか1つからなり、その層厚が15Å～50Åであることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 基板上に、少なくとも、NiMn合金膜からなる第1の反強磁性層、第1の強磁性層、第1の非磁性層、第2の強磁性層、第2の非磁性層、第3の強磁性層及び第2の反強磁性層が該基板側からこの順序で積層されていることを特徴とするスピバルブ構造を有する磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 磁気抵抗変化率が3%以上であり、かつ交換バイアス磁界が100Oe以上であることを特徴とする請求項6に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記第1の反強磁性層の層厚が50Å～500Åであることを特徴とする請求項6又は7に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記第1、第2及び第3の強磁性層の各々が、Ni、Fe及びCoのいずれか1つを含む合金からなり、該第1の強磁性層の層厚が15Å～150Åであることを特徴とする請求項6から8のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 前記第1及び第2の非磁性層の各々が、Cu、Ag及びAuのいずれか1つからなり、該第1の非磁性層の層厚が15Å～50Åであることを特徴とする請求項6から9のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 基板上の最下層に、Ta、Hf、Cr、Nb、Zr及びTiのいずれか1つの金属による下地層を有する請求項1から10のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項12】 基板上に、薄膜を積層成膜する成膜工程と、積層した基板を磁界中で熱処理する熱処理工程とを含み、

前記成膜工程が、少なくともNiMn合金からなる反強磁性層、第1の強磁性層、非磁性層及び第2の強磁性層を順次積層する工程を含み、

前記熱処理工程を、前記非磁性層及び前記第2の強磁性層の積層前に行うことを特徴とするスピバルブ構造を有する磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項13】 前記熱処理工程が前記NiMnのθ相を形成する工程であり、前記第1の強磁性層の積層工程の後に行われることを特徴とする請求項12に記載の製造方法。

【請求項14】 前記熱処理工程が前記NiMnのθ相を形成する工程であり、前記第1の強磁性層の積層工程の前に行われることを特徴とする請求項12に記載の製造方法。

【請求項15】 基板上に、薄膜を積層成膜する成膜工程と、積層した基板を磁界中で熱処理する熱処理工程とを含み、

前記成膜工程が、少なくともNiMn合金からなる第1の反強磁性層、第1の強磁性層、第1の非磁性層、第2の強磁性層、第2の非磁性層、第3の強磁性層及び第2の反強磁性層を順次積層する工程を含み、

前記熱処理工程を、前記第1の非磁性層及び前記第2の強磁性層の積層前に行うことを特徴とするスピバルブ構造を有する磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項16】 前記熱処理工程が前記NiMnのθ相を形成する工程であり、前記第1の強磁性層の積層工程の後に行われることを特徴とする請求項15に記載の製造方法。

【請求項17】 前記熱処理工程が前記NiMnのθ相を形成する工程であり、前記第1の強磁性層の積層工程の前に行われることを特徴とする請求項15に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気ディスク装置に用いられる磁気抵抗効果型再生ヘッドに関し、特にスピバルブ構造として知られている磁性多層膜を有する磁気抵抗効果素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果(MR)型再生ヘッドは再生出力が記録媒体の速度に依存せず高出力が得られるため注目されている。

【0003】従来より、MR素子としてはNiFe合金やNiCo合金の磁性薄膜が用いられてきた。しかしながら近年、ヘッドの高出力化が要求されていることとともない、MR素子として磁性層と非磁性層とを積層して構成した高い磁気抵抗効果を有する磁性多層膜が注目されている。

【0004】例えば、NiFe合金薄膜の磁気抵抗変化率は2%程度とされているが、それに対してNiFe薄

膜とCo薄膜とを交互に積層し、各積層磁性層間にCu薄膜層を介在させた磁性多層膜においては、室温で10%程度の大きな磁気抵抗効果が得られることが知られている(Journal of Magnetism and Magnetic Materials、99巻、243~252頁、1991年)。この他にも、例えばNiFe薄膜とCu薄膜とを交互に積層した磁性多層膜が室温で16%以上の磁気抵抗変化率を、およそ600 Oeの外部印加磁界において示すことが知られている

(Applied Physics Letters、10 60巻、512~514頁、1992年)。

【0005】磁性多層膜の中でもその高い磁界感度によって最も注目を集めているのがスピナル膜である

(例えば、PHYSICAL REVIEW B、43巻、1297~1300頁、1991年、及びJournal of Applied Physics、69巻、4774~4779頁、1991年、さらに、特開平4-358310号公報)。

【0006】スピナル膜の基本構造は強磁性層、非磁性層、強磁性層及び反強磁性層の積層構造である。反強磁性層からの交換バイアス磁界により、それに隣接している磁性層の磁化がピンニングされるのに対し、もう一方の磁性層の磁化は外部磁界に対して自由に回転するため、磁化の反平行状態が実現され、高い磁気抵抗効果が得られる。上記文献中でも4.1%のMR変化率が100 Oeの外部印加磁界で得られているように、このスピナル膜は磁界感度が非常に高い。

【0007】一般的なスピナル膜は、NiFe/Cu/NiFe (又はCo)/FeMnの膜構成を有している。ここでNiFeはNi:Fe=81:19 (at %)のパーマロイである。強磁性層の種類、組成については多くの検討がなされているが、良好な軟磁気特性と高い磁気抵抗効果を得るためには上記組成が最適とされている。反強磁性層により磁化をピンニングされる磁性層としては、NiFeの他に、大きなMR変化率が得られるため、Co又はCoを含む合金が良いとされている。反強磁性層として用いられるFeMnの組成は一般にFe:Mn=50:50 (at %)である。反強磁性を示すFeMnは γ -FeMnであり、これを安定に形成するための下地層の検討も行われている。例えばJapanese Journal of Applied Physics、33巻、133~137頁、1994年には、Ta、Hf、Ti等の金属の上にfcc構造の金属又は合金膜が形成されている場合が良いと報告されている。

【0008】FeMn合金膜には耐蝕性が良くない、ブロッキング温度が十分に高くなく交換バイアス磁界の温度依存性が大きいという問題点がある。そのため、FeMnにかわる反強磁性層の検討も行われている。NiMnは交換バイアス磁界、ブロッキング温度ともに大き

く、耐蝕性に優れているが、高温で長時間磁界中熱処理を施さなければ反強磁性を示さない(Applied Physics Letters、65巻、1183~1185頁、1994年)。

【0009】NiMnを実際にスピナルの反強磁性層として用いた例については日本金属学会春期大会講演概要362頁、1995年に報告があるが、MR特性についての記述はなく、構造はNiFe/Cu/NiFe/NiMnのみに限られている。その他の反強磁性層としてはNiO等の酸化物が検討されており、特開平5-347013号公報でその特性が報告されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】このように、耐蝕性に優れており、かつブロッキング温度が十分に高く交換バイアス磁界の温度依存性の小さいNiMnによる反強磁性層を用いた場合、次のような不都合が生じる。即ち、NiMnで良好な反強磁性を得るためには高温で長時間の磁界中熱処理を行い θ 相を形成させる必要がある。従来のスピナル膜の基本構造が強磁性層、非磁性層、強磁性層及び反強磁性層の積層構造であるため、反強磁性層を成膜後(スピナルを構成するすべての膜を成膜後)に長時間の磁界中熱処理を行うと、NiとCuが固溶系であるために非磁性層と第2の強磁性層との界面において相互拡散が生じ、磁気抵抗変化率が減少してしまう。

【0011】従って本発明は、高い磁気抵抗効果を安定に示すMR素子及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0012】本発明の他の目的は、磁気抵抗変化率が大きいMR素子及びその製造方法を提供することにある。

【0013】本発明のさらに他の目的は、反強磁性層からの交換バイアス磁界が大きいMR素子及びその製造方法を提供することにある。

【0014】本発明のまたさらに他の目的は、反強磁性層のブロッキング温度が高く交換バイアス磁界の温度依存性が小さいと共に耐蝕性が良いMR素子及びその製造方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するため、本発明によれば、基板上に、少なくとも、NiMn合金からなる反強磁性層、第1の強磁性層、非磁性層及び第2の強磁性層が該基板側からこの順序で積層されているスピナル構造を有するMR素子が提供される。

【0016】さらに本発明によれば、基板上に、少なくとも、NiMn合金膜からなる第1の反強磁性層、第1の強磁性層、第1の非磁性層、第2の強磁性層、第2の非磁性層、第3の強磁性層及び第2の反強磁性層が該基板側からこの順序で積層されている二重スピナル構造を有するMR素子が提供される。

【0017】NiMn合金からなる反強磁性層(第1の

反強磁性層)が非磁性層(第1の非磁性層)及び第2の強磁性層より基板側に設けられているため、このNiMn合金層を非磁性層(第1の非磁性層)及び第2の強磁性層の積層前に形成して磁界中熱処理することができる。このため、NiMn合金によって良好な反強磁性を得るために高温で長時間の磁界中熱処理を行っても、非磁性層(第1の非磁性層)と第2の強磁性層との界面において相互拡散が生じて磁気抵抗変化率が低下するような不都合が生じない。従って、高い磁気抵抗効果を安定に示すMR素子を提供することができる。

【0018】また、反強磁性層(第1の反強磁性層)としてFeMn合金を使用せずにNiMn合金を用いているため、この反強磁性層からの交換バイアス磁界が大きく、しかも、この反強磁性層のブロッキング温度が高く交換バイアス磁界の温度依存性が小さいのみならず、耐蝕性の良いMR素子を得ることができる。

【0019】二重スピバルブ構造においても、NiMn合金によって良好な反強磁性を得た第1の反強磁性層を用いることにより、センス電流が作る磁界によりピンニングされている磁化の向きが乱されることを妨げることもできる。もちろん、二重スピバルブ構造とすることにより、基本構造のスピバルブ膜よりも大きな磁気抵抗変化率を安定に得ることができる。

【0020】磁気抵抗変化率が3%以上であり、かつ交換バイアス磁界が100Oe以上であることが好ましい。

【0021】反強磁性層(第1の反強磁性層)の層厚は、50Å~500Åであることが好ましい。

【0022】強磁性層の各々は、Ni、Fe及びCoのいずれか1つを含む合金からなり、第1の強磁性層の層厚が15Å~150Åであることが好ましい。

【0023】非磁性層の各々は、Cu、Ag及びAuのいずれか1つからなり、非磁性層(第1の非磁性層)の層厚が15Å~50Åであることが好ましい。

【0024】このような材質及び層厚を使用することにより、磁気抵抗変化率が大きいMR素子を提供することができる。

【0025】基板上的最下層に、Ta、Hf、Cr、Nb、Zr及びTiのいずれか1つの金属による下地層を有することも好ましい。

【0026】特に、二重スピバルブ構造において適切な下地層を用いることにより、基本構造のスピバルブ膜よりもより大きな磁気抵抗変化率を安定に得ることができ、かつ、電極間の抵抗値を下げることができる。さらに、二重スピバルブ構造において適切な下地層を用いることは、センス電流が作る磁界によりピンニングされている磁化の向きが乱されることを防止することにもなる。

【0027】本発明によれば、さらに、基板上に、薄膜を積層成膜する成膜工程と、積層した基板を磁界中で熱

処理する熱処理工程とを含み、成膜工程が、少なくともNiMn合金からなる反強磁性層、第1の強磁性層、非磁性層及び第2の強磁性層を順次積層する工程を含み、熱処理工程を、非磁性層及び第2の強磁性層の積層前に行うスピバルブ構造を有するMR素子の製造方法が提供される。

【0028】本発明によれば、またさらに、基板上に、薄膜を積層成膜する成膜工程と、積層した基板を磁界中で熱処理する熱処理工程とを含み、成膜工程が、少なくともNiMn合金からなる第1の反強磁性層、第1の強磁性層、第1の非磁性層、第2の強磁性層、第2の非磁性層、第3の強磁性層及び第2の反強磁性層を順次積層する工程を含み、熱処理工程を、第1の非磁性層及び第2の強磁性層の積層前に行うスピバルブ構造を有する磁気抵抗効果素子の製造方法が提供される。

【0029】上述した熱処理工程がNiMnのθ相を形成する工程であり、第1の強磁性層の積層工程の前又は後に行われることが好ましい。

【0030】このようにNiMn合金層を非磁性層(第1の非磁性層)及び第2の強磁性層の積層前に形成して磁界中熱処理しているため、NiMn合金によって良好な反強磁性を得るために高温で長時間の磁界中熱処理を行っても、非磁性層(第1の非磁性層)と第2の強磁性層との界面において相互拡散が生じて磁気抵抗変化率が低下するような不都合が生じない。従って、高い磁気抵抗効果を安定に示すMR素子を提供することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態について説明する。

【0032】図1に本発明によるMR素子の一実施形態の斜視断面図を示す。同図において、11は基板上に形成された下地層を示しており、その上に、反強磁性層12、第1の強磁性層13、非磁性層14、第2の強磁性層15及び酸化防止用の保護層16がこの順序で順次積層された構造となっている。

【0033】スピバルブ膜の磁気抵抗効果の原理は、第1の強磁性層の磁化の向きと第2の強磁性層の磁化の向きがズれることによって、伝導電子が散乱を受けて抵抗が増大し、両磁性層の磁化の向きが互いに逆向きとなったときに、最大の抵抗を示すことにある。図1の実施形態におけるスピバルブ膜においては、第1の強磁性層13の磁化方向a₁が反強磁性層12によってピンニングされ、一方、第2の強磁性層15の磁化の向きb₁が外部から印加される磁界により自由に回転することにより、高感度の磁気抵抗効果が得られる。

【0034】図1には、さらに、外部からの印加磁界の方向d₁とセンス電流の方向e₁とが示されている。ピンニングされている磁化の方向a₁と外部からの印加磁界の方向d₁とは平行であり、これに対して直交方向e₁にセンス電流が流れる。第2の強磁性層15の磁化容

易軸方向は外部からの印加磁界の方向 d_1 と直交方向である。これは磁化困難軸方向で磁化反転させることにより保磁力を減少させ、磁気抵抗変化曲線において直線性の良い特性を得るためである。これはまたMRヘッドのMR素子として用いたときにノイズを低減させることにもなる。ところで磁気抵抗変化曲線とは、縦軸を磁気抵抗変化率、横軸を外部からの印加磁界としたものである。ここで磁気抵抗変化率は $\Delta \rho / \rho_s$ で表されるものであり、 ρ_s は最小比抵抗、 $\Delta \rho$ はそれに対しての比抵抗変化分である。

【0035】本実施形態におけるスピバルブ膜を構成する材料は、反強磁性層12がNiMn、第1及び第2の強磁性層13及び15がNi、Fe及びCoのいずれか1つを含む合金、非磁性層14がCu、Ag及びAuのいずれか1つである。NiMnの組成はNi:Mn=50:50 (at%) が好ましく、特に好ましくはNi:Mn=44:56 (at%) である。第1の強磁性層13としては、より大きな磁気抵抗変化率を得るため特にCo又はCoを含む合金が好ましい。また、非磁性層14としてはCuが好ましい。第2の強磁性層15としては、良好な軟磁気特性を示す膜が好ましく、特にNi:Fe=81:19 (at%) のパーマロイが好ましい。

【0036】反強磁性層12としてNiMnを用いたのは、ブロッキング温度が高く、また、交換バイアス磁界が大きく、さらに耐蝕性が良いことによる。ただし、NiMnで良好な反強磁性を得るためには、高温で長時間の磁界中熱処理を行い θ 相を形成させる必要がある。スピバルブを構成するすべての膜を成膜後に長時間の磁界中熱処理を行うと、NiとCuが固溶系であるために非磁性層14と第2の強磁性層15との界面において相互拡散が生じ、磁気抵抗変化率が減少してしまう。

【0037】そこで本実施形態では、NiMn層12と第1の強磁性層13を成膜した後に長時間、磁界中熱処理を行って反強磁性を示す θ 相を形成した後、表面をエッチングして第1の強磁性層13の清浄面を出した後、残りのスピバルブ構成膜を成膜している。第1の強磁性層13の熱処理前の層厚、ミリングして削る層厚は最終的な第1の強磁性層厚に対して、適宜選択される。

【0038】即ち、図2に示すように、まず、基板上に下地層11を形成する(ステップS20)。下地層11としてはTaとNiFeを積層した膜を用いているが、Taは界面を平滑にするため、fcc構造のNiFeはNiMnがfct構造を形成しやすくするために用いている。下地層11としては、その他に、Hf、Cr、Nb、Zr及びTiのいずれか1つの金属であってもよい。次いで、その上に、NiMnによる反強磁性層12及び第1の強磁性層13を積層する(ステップS21及びS22)。次いで、この積層体を高温で長時間の磁界中熱処理を行い、NiMn合金の θ 相を形成する(ステ

ップS23)。次いで、非磁性層14の積層(ステップS24)、第2の強磁性層15の積層(ステップS25)、及び酸化防止用の保護層16の積層(ステップS26)を行ってMR素子を得る。

【0039】上述した磁界中の熱処理工程は、NiMnによる反強磁性層12の成膜後であれば、第1の強磁性層13を積層する前に行ってもよい。例えば、図3に示すように、まず、基板上に下地層11を形成する(ステップS30)。次いで、その上に、NiMnによる反強磁性層12を積層する(ステップS31)。次いで、この積層体を高温で長時間の磁界中熱処理を行い、NiMn合金の θ 相を形成する(ステップS32)。次いで、第1の強磁性層13の積層(ステップS33)、非磁性層14の積層(ステップS34)、第2の強磁性層15の積層(ステップS35)、及び酸化防止用の保護層16の積層(ステップS36)を行ってMR素子を得る。

【0040】図4に本発明によるMR素子の他の実施形態の斜視断面図を示す。同図において、41は基板上に形成された下地層を示しており、その上に、第1の反強磁性層42、第1の強磁性層43、第1の非磁性層44、第2の強磁性層45、第2の非磁性層46、第3の強磁性層47、第2の反強磁性層48及び酸化防止用の保護層49がこの順序で順次積層された構造となっている。即ち、この実施形態では、MR素子が二重スピバルブ構造を有している。

【0041】第1及び第3の強磁性層43及び47の磁化方向 a_2 及び c_2 が第1及び第2の反強磁性層42及び48によってそれぞれピンニングされ、第2の強磁性層45の磁化方向 b_2 が外部磁界により自由に反転して、磁気抵抗効果が得られる。この第2の強磁性層45の両界面が磁気抵抗変化に寄与するため、二重スピバルブ構造では基本構造のスピバルブ膜よりも磁気抵抗効果が大きくなる。

【0042】外部からの印加磁界の方向 d_2 とセンス電流の方向 e_2 とは図4に示したとおりであり、その関係は図1の実施形態の場合と同様である。

【0043】第1、第2及び第3の強磁性層43、45及び47としては、Ni、Fe及びCoのいずれか1つを含む合金が使用可能であるが、第2の強磁性層45としては、良好な軟磁気特性が要求されるため、特にNi:Fe=81:19 (at%) のパーマロイが好ましく、第1及び第3の強磁性層43及び47としては、より大きな磁気抵抗変化率を得るため、特にCo又はCoを含む合金が好ましい。また、第1及び第2の非磁性層44及び46としては、Cu、Ag及びAuのいずれか1つが使用できるが、特にCuが好ましい。

【0044】この二重スピバルブ構造では、第1の反強磁性層42としてNiMn、第2の反強磁性層48としてFeMnを用いている。NiMnの組成はNi:Mn=50:50 (at%) が好ましい。

【0045】次に、第1及び第2の非磁性層44及び46を流れるセンス電流が作る磁界の影響について考察する。素子のサイズが大きく、センス電流の電流密度が小さな場合にはこの磁界については無視できるが、MRヘッドにおけるMR素子の形状では、この磁界の影響が大きい。第1の非磁性層44を流れる電流が作る磁界は第1の強磁性層43においてピンニングされている磁化の向きと反対方向であり、一方、第2の非磁性層46が作る磁界は第3の強磁性層47においてピンニングされている磁化の向きと同方向である。従って、第3の強磁性層47の磁化の向きは安定化されるが、第1の強磁性層43の磁化の向きは乱される方向にある。

【0046】しかしながら、本実施形態では、第1の反強磁性層42としてブロッキング温度及び交換バイアス磁界が大きいNiMnを用いているので、第1の強磁性層43の磁化の向きを強くピンニングすることができる。前述したようにNiMnは、高温で長時間の磁界中熱処理を行う必要があるため、NiMnは第1の反強磁性層42にのみ用いている。磁化の向きが乱されるのは第1の強磁性層43の方であるので、第1の反強磁性層42のみにでもブロッキング温度と交換バイアス磁界が大きいNiMnを用いることは充分効果がある。

【0047】本実施形態においても図1の実施形態の場合と同様に、第1の反強磁性層であるNiMn層42と第1の強磁性層43を成膜した後に長時間、磁界中熱処理を行って反強磁性を示す θ 相を形成した後、表面をエッチングして第1の強磁性層43の清浄面を出した後、残りのスピバルブ構成膜を成膜している。

【0048】即ち、図5に示すように、まず、基板上に下地層41を形成する(ステップS50)。下地層41としてはTaとNiFeを積層した膜を用いているが、Taは界面を平滑にするため、fcc構造のNiFeはNiMnがfcc構造を形成しやすくするために用いている。下地層41としては、その他に、Hf、Cr、Nb、Zr及びTiのいずれか1つの金属であってもよい。次いで、その上に、NiMnによる第1の反強磁性層42及び第1の強磁性層43を積層する(ステップS51及びS52)。

次いで、この積層体を高温で長時間の磁界中熱処理を行い、NiMn合金の θ 相を形成する(ステップS53)。次いで、第1の非磁性層44の積層(ステップS54)、第2の強磁性層45の積層(ステップS55)、第2の非磁性層46の積層(ステップS56)、第3の強磁性層47の積層(ステップS57)、第2の反強磁性層48の積層(ステップS58)及び酸化防止用の保護層49の積層(ステップS59)を行ってMR素子を得る。

【0049】上述した磁界中の熱処理工程は、NiMnによる第1の反強磁性層42の成膜後であれば、第1の強磁性層43を成膜する前に行ってもよい。例えば、図6に示すように、まず、基板上に下地層41を形成する

(ステップS60)。次いで、その上に、NiMnによる第1の反強磁性層42を積層する(ステップS61)。次いで、この積層体を高温で長時間の磁界中熱処理を行い、NiMn合金の θ 相を形成する(ステップS62)。次いで、第1の強磁性層43の積層(ステップS63)、第1の非磁性層44の積層(ステップS64)、第2の強磁性層45の積層(ステップS65)、第2の非磁性層46の積層(ステップS66)、第3の強磁性層47の積層(ステップS67)、第2の反強磁性層48の積層(ステップS68)及び酸化防止用の保護層49の積層(ステップS69)を行ってMR素子を得る。

【0050】

【実施例】以下、具体的な実施例により本発明をさらに詳細に説明する。

【0051】実施例1

評価用サンプルとして、図1に示す基本的なスピバルブ構造を3インチのガラス基板上に形成した。成膜はガラス基板上にRFマグネトロンスパッタ及びイオンビームスパッタを用いて行った。RFマグネトロンスパッタ成膜条件としては、到達真空度が 5×10^{-4} Pa以下、成膜時真空度は 4×10^{-1} Pa程度、Arガス流量は5 sccm、RFパワーは500 Wとした。イオンビームスパッタの成膜条件は到達真空度が 5×10^{-6} Pa以下、成膜時真空度は 1.2×10^{-2} Pa程度、Arガス流量は7 sccm、スパッタガンの加速電圧は300 V、イオン電流は30 mAとした。なお、いずれも成膜時にはおよそ100 Oeの磁界を印加した。

【0052】製造工程の手順としては、図2に示すように、まずRFマグネトロンスパッタにより、ガラス基板上に、下地層11、反強磁性層12としてのNiMn膜、及び第1の強磁性層13としてのCo膜を成膜し、一度チャンバーから取り出した。そして磁界中熱処理炉にセットし、250℃以上の高温で、3 kOeの磁界中、長時間熱処理を行った。本実施例では熱処理は、所定の温度で5時間保持した後に室温に戻すというサイクルを3回繰り返した。熱処理後、イオンビームスパッタ装置にセットし、まずミリングによりCoの清浄面を出し、所定層厚になるまでのCoから始まる、残るスピバルブ構成膜を成膜した。本実施例におけるNiMnの組成は、Ni:Mn=50:50 (at%)である。

【0053】図7に熱処理前後のNiMn膜のX線回折パターンを示す。サンプルとして代表例としてTa(50 Å)/NiMn(500 Å)/Ta(50 Å)を用いた。熱処理前にはfcc構造のピークが検出されているが、熱処理後にはfcc構造のピークが検出されており、熱処理後には反強磁性を示す θ 相が形成されている。

【0054】本実施例において作製したスピバルブ膜の各層の材料及び層厚(A)、磁気抵抗変化率(%)、

交換バイアス磁界 (Oe)、及びNiMn膜成膜後の熱処理条件を表1に示す。ここで、表1には各サンプルを構成する材料を基板方向からの積層順に (m1、m2、m3…)、それらの層厚を (t1、t2、t3…) と示した。即ち、下地層11の材料がm1及びm2 (層厚t1及びt2)、反強磁性層12の材料がm3 (層厚t3)、第1の強磁性層13の材料がm4 (層厚t4)、非磁性層14の材料がm5 (層厚t5)、第2の強磁性層15の材料がm6 (層厚t6)、保護層16の材料がm7 (層厚t7) である。なお、層厚設計条件は各構成

【0055】

【表1】

サンプル 番号	材 料 (m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7)	層 厚 (Å) (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7)	磁気抵抗 変化率 (%)	交換バイアス 磁界 (Oe)	熱処理条件
1	(Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)	(50, 50, 250, 45, 25, 100, 50)	4.0	350	350 °C, 5時間×3 回
2	(Ta, NiFe, NiMn, NiFe, Cu, NiFe, Ta)	(50, 50, 250, 70, 25, 100, 50)	3.0	370	350 °C, 5時間×3 回
3	(-, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)	(-, 70, 250, 45, 25, 100, 50)	3.8	310	350 °C, 5時間×3 回
4 (比較例)	(Ta, NiFe, FeMn, Co, Cu, NiFe, Ta)	(50, 70, 120, 25, 25, 100, 50)	2.9	210	200 °C, 1時間 (全て成膜後)
5 (比較例)	(Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)	(50, 50, 250, 45, 25, 100, 50)	0.8	350	350 °C, 5時間 (全て成膜後)

【0056】表1の結果から、第1の強磁性層13までの各層を高温で磁界中熱処理した後に、残りのスピナバルブ膜を成膜したサンプル (サンプル番号1～3) において、大きな磁気抵抗変化率と交換バイアス磁界が得られていることが分かる。全ての構成層を成膜した後に210 °Cで熱処理したサンプル (サンプル番号4) では、

充分な交換バイアス磁界が得られていない。また、全ての構成層を成膜した後に350℃で熱処理したサンプル（サンプル番号5）では、Cu層（非磁性層14）とNiFe層（第2の強磁性層15）との間の拡散のため、良好な磁気抵抗変化率は得られていない。なお、下地層は必ずしもなくても良いが、下地層を設けることにより交換バイアス磁界を大きくする効果がある。図8には、最も良好な磁気抵抗効果が得られたサンプル番号1の磁*

* 磁気抵抗変化曲線を示す。

【0057】表1のサンプル番号1の層構成と同じ層構成で、層厚条件又は熱処理条件を変えた場合の磁気抵抗変化率（%）及び交換バイアス磁界（Oe）を表2～表5に示す。

【0058】

【表2】

サンプル 番号	層 厚 (Å) (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7)	磁気抵抗 変化率 (%)	交換バイアス 磁界 (Oe)
6 (比較例)	(50, 50, 20, 45, 25, 100, 50)	0.7	15
7	(50, 50, 50, 45, 25, 100, 50)	3.0	100
8	(50, 50, 100, 45, 25, 100, 50)	3.8	210
1	(50, 50, 250, 45, 25, 100, 50)	4.0	350
9	(50, 50, 500, 45, 25, 100, 50)	3.0	370
10 (比較例)	(50, 50, 1000, 45, 25, 100, 50)	1.8	380

材 料 ; (Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)

熱処理条件 ; 350℃, 5時間×3 回

【0059】

【表3】

サンプル 番号	層 厚 (Å) (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7)	磁気抵抗 変化率 (%)	交換バイアス 磁界 (Oe)
11 (比較例)	(50, 50, 250, 10, 25, 100, 50)	2.1	420
12	(50, 50, 250, 15, 25, 100, 50)	3.0	400
13	(50, 50, 250, 30, 25, 100, 50)	3.6	380
1	(50, 50, 250, 45, 25, 100, 50)	4.0	350
14	(50, 50, 250, 60, 25, 100, 50)	4.2	250
15	(50, 50, 250, 150, 25, 100, 50)	3.9	100
16 (比較例)	(50, 50, 250, 200, 25, 100, 50)	1.7	40

材 料 ; (Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)

熱処理条件 ; 350℃, 5時間×3 回

【0060】

* * 【表4】

サンプル 番号	層 厚 (Å) (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7)	磁気抵抗 変化率 (%)	交換バイアス 磁界 (Oe)
17 (比較例)	(50, 50, 250, 45, 10, 100, 50)	2.1	280
18	(50, 50, 250, 45, 15, 100, 50)	3.7	310
1	(50, 50, 250, 45, 25, 100, 50)	4.0	350
19	(50, 50, 250, 45, 50, 100, 50)	3.0	350
20 (比較例)	(50, 50, 250, 45, 80, 100, 50)	1.5	350

材 料 ; (Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)

熱処理条件 ; 350℃, 5時間×3 回

【0061】

【表5】

サンプル 番号	磁気抵抗 変化率 (%)	交換バイアス 磁界 (Oe)	熱処理条件
21(比較例)	0.4	20	200℃, 10時間×2回
22	3.0	195	250℃, 10時間×2回
1	4.0	310	300℃, 10時間×2回
23	4.0	400	400℃, 10時間×2回
24	3.8	420	450℃, 10時間×2回

材 料 ; (Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Ta)

【0062】表2は反強磁性層12 (NiMn層) の層厚 t_3 を変えた場合である。大きな交換バイアス磁界を得るためには、反強磁性層をFeMnで構成する場合に比べるとやや厚めの層厚を必要とする傾向がある。層厚 t_3 が薄すぎる場合には充分な交換バイアス磁界が得られておらず、良好な磁気抵抗効果が得られていない(サンプル番号6)。50Å以上の層厚 t_3 において100 Oe以上の交換バイアス磁界が得られ、磁気抵抗変化率も3.0%が得られているが(サンプル番号1及び7～9)、十分に大きく好ましい交換バイアス磁界は層厚 t_3 が250Å程度以上で得られる(サンプル番号1及び9)。さらに層厚 t_3 を厚くすると、交換バイアス磁界は緩く増加するが、NiMn自体は磁気抵抗効果に寄与するものではないので、層厚 t_3 が厚くなりすぎると磁気抵抗変化率が減少する(サンプル番号10)。従って好ましい層厚範囲は3.0%のMR変化率が得られている500Å程度までといえる。即ち、反強磁性層12の層厚 t_3 は、 $50\text{Å} \leq t_3 \leq 500\text{Å}$ であることが好ましい(サンプル番号1及び7～9)。

【0063】表3は第1の強磁性層13 (Co層) の層厚 t_4 を変えた場合である。第1の強磁性層13の層厚 t_4 が15Åで3.0%の磁気抵抗変化率が得られているので、層厚 t_4 はこれ以上が好ましい(サンプル番号12)。層厚 t_4 が増加すると、60Å程度までの範囲では、伝導電子の散乱能力が増加し、磁気抵抗変化率が増加している(サンプル番号1及び12～14)。ただし、層厚 t_4 が厚くなるに従って受ける交換バイアス磁界が減少し、ピンニングが不十分になってくる。従ってCo層厚 t_4 は45Å程度が最も好ましく(サンプル番号1)、150Åを越える層厚では良好な磁気抵抗効果が得られない。即ち、強磁性層13の層厚 t_4 は、15

Å $\leq t_4 \leq 150\text{Å}$ であることが好ましい(サンプル番号1及び12～15)。なお、FeMnに比べるとNiMnは交換バイアス磁界が大きいため、NiMn層を反強磁性層として用いた場合は、Co層厚 t_4 を厚くすることによって大きな磁気抵抗変化率を得ることができる。

【0064】表4は非磁性層14 (Cu層) の層厚 t_5 を変えた場合である。Cu層厚 t_5 は即ち第1及び第2の強磁性層13及び15間の間隔であるため、両磁性層間の磁気的結合の強さに効いてくる。Cu層厚 t_5 が薄すぎる場合には、第2の強磁性層15 (NiFe層) が第1の強磁性層13 (Co層) に対して独立に磁化反転できなくなるため、良好な磁気抵抗効果が得られない

(サンプル番号17)。逆にCu層厚 t_5 が厚すぎる場合には伝導電子が界面で散乱される確率が減少するため磁気抵抗変化率が減少する(サンプル番号20)。このため非磁性層14の層厚 t_5 は、 $15\text{Å} \leq t_5 \leq 50\text{Å}$ が好ましく(サンプル番号1、18及び19)、25Å程度が最適といえる(サンプル番号1)。

【0065】表5は反強磁性層12 (NiMn層) の熱処理条件を変えた場合である。同表より、熱処理温度を高くするに従ってより大きな交換バイアス磁界が得られていることが分かる。ただし、実際にMRヘッドのMR素子として用いることを考慮すると、プロセス上温度はあまり高温にはできないので、熱処理温度は400℃までとすることが好ましい(サンプル番号1、22及び23)。

【0066】図9に交換バイアス磁界の温度依存性を示す。用いたサンプルは実施例としてTa (50Å) / NiMn (250Å) / Co (45Å) / Cu (25Å) / NiFe (100Å) / Ta (50Å) と、比較例と

してTa (50Å) / NiFe (70Å) / FeMn (120Å) / Co (30Å) / Cu (25Å) / NiFe (100Å) / Ta (50Å) である。図9に破線で示すように、FeMnを反強磁性層として用いた場合には交換バイアス磁界は温度とともに単調に減少し、150℃でおよそ0Oeになってしまう。一方、実線で示す本実施例のごとく、NiMnを用いた場合には200℃においても交換バイアス磁界はほとんど変わらず、温度依存性は非常に良好であることが分かる。

【0067】耐蝕性試験として高温、高湿下にサンプル10を放置し、その前後で磁気抵抗変化率を測定した。なお、条件は85℃、85%、1週間とした。FeMnを用いたスピバルブ膜では特性劣化が著しく2.5%の磁気抵抗変化率が0.5%以下となったが、NiMnを用いたスピバルブ膜では磁気抵抗変化率は維持された。

【0068】以上述べた3インチのガラス基板上に成膜しただけの評価用サンプルの他に、実際にMR型再生ヘッドのMR素子に近い形状にフォトリソグラフィー技術を用いてパターンニングしたサンプルも用意した。パター20ン形状はこれに特に限定されるものではないが、本実施例では $3 \times 3 \mu\text{m}^2$ とし、この側面に硬磁性膜と電極膜を形成した。

【0069】図10に、このMR素子に近い形状にパターンニングしたサンプルによる磁気抵抗変化曲線を示す。*

*なお、ここでは縦軸は出力電圧値となる。用いたサンプルの膜構成はTa (50Å) / NiMn (250Å) / Co (45Å) / Cu (25Å) / NiFe (100Å) / Ta (50Å) である。測定条件はセンス電流が10mA、外部からの印加磁界は $\pm 400\text{Oe}$ で60Hzである。同図から明らかなように、 $\pm 400\text{Oe}$ の範囲でほぼ直線的な磁気抵抗変化曲線が得られている。また、この磁気抵抗変化曲線ではバルクハウゼンノイズは確認されていないが、これは磁気ヘッドの分野で知られるハードフィルムバイアスの手法でノイズを抑制したためである。

【0070】実施例2

評価用サンプルとして、図4に示す二重スピバルブ構造を3インチのガラス基板上に形成した。即ち、第1の反強磁性層42としてNiMn膜、第2の反強磁性層48としてFeMn膜を用いた二重スピバルブ構造である。成膜は実施例1の場合と同様にRFマグネトロンスパッタとイオンビームスパッタを用いて行った。成膜条件も実施例1の場合と同様である。製造工程の手順は、図5に示したものと同様である。

【0071】この実施例2において作製したスピバルブ膜の第1の強磁性層43 (Co層) の層厚 t_4 を変えた場合の磁気抵抗変化率 (%) を表6に示す。

【0072】

【表6】

サンプル 番号	層 厚 (Å) ($t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$)	磁気抵抗 変化率 (%)
25	(50, 50, 250, 20, 25, 100, 25, 30, 120, 50)	3.6
26	(50, 50, 250, 45, 25, 100, 25, 30, 120, 50)	4.2
27	(50, 50, 250, 70, 25, 100, 25, 30, 120, 50)	3.9

材 料 ; (Ta, NiFe, NiMn, Co, Cu, NiFe, Cu, Co, FeMn, Ta)

【0073】表6のスピバルブ構造においては、下地40層41の材料がTa及びNiFe (層厚 t_1 及び t_2)、第1の反強磁性層42の材料がNiMn (層厚 t_3)、第1の強磁性層43の材料がCo (層厚 t_4)、第1の非磁性層44の材料がCu (層厚 t_5)、第2の強磁性層45の材料がNiFe (層厚 t_6)、第2の非磁性層46の材料がCu (層厚 t_7)、第3の強磁性層47の材料がCo (層厚 t_8)、第2の反強磁性層48の材料がFeMn (層厚 t_9)、保護層49の材料がTa (層厚 t_{10}) で構成されている。

【0074】実施例1の場合と同様に、第1の反強磁性

層42としてNiMn膜を用いているため交換バイアス磁界が大きく、第1の強磁性層43であるCo層の層厚を厚くでき、その分、第1の反強磁性層42としてFeMn膜を用いた場合よりも大きな磁気抵抗変化率が得られていることが分かる (サンプル番号25~27)。

【0075】本実施例2においても $3 \times 3 \mu\text{m}^2$ のパターンを形成し、磁気抵抗変化特性を測定した。本実施例では第1の反強磁性層42として交換バイアス磁界が大きいNiMnを用いているので、第1の強磁性層43の磁化の向きは、第1の非磁性層44 (Cu層) を流れる電流が作る磁界を受けてあまり乱されず、これによる

磁気抵抗変化率の減少は少ない。例えば、3インチ基板上での磁気抵抗変化率が同じであるNiMnとFeMnを用いた2つのサンプルで、上記パターンにおいて単位抵抗値あたりの出力電圧を比較すると、NiMnを用いたサンプルがFeMnを用いたサンプルの1.2倍となっていた。このように第1の反強磁性層42としてNiMnを用いることは、磁化の向きを安定させる意味からも非常に好ましい。

【0076】以上述べた実施形態及び実施例は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【0077】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明のMR素子は、基板上に、少なくとも、NiMn合金からなる反強磁性層、第1の強磁性層、非磁性層及び第2の強磁性層が該基板側からこの順序で積層されている。このように、NiMn合金からなる反強磁性層が非磁性層及び第2の強磁性層より基板側に設けられているため、このNiMn合金層を非磁性層及び第2の強磁性層の積層前に形成して磁界中熱処理することができる。このため、NiMn合金によって良好な反強磁性を得るために高温で長時間の磁界中熱処理を行っても、非磁性層と第2の強磁性層との界面において相互拡散が生じて磁気抵抗変化率が低下するような不都合が生じない。従って、高い磁気抵抗効果を安定に示すMR素子を提供することができる。

【0078】また、反強磁性層としてNiMnを用いることにより、耐蝕性が良く、交換バイアス磁界が十分に大きく、さらにブロッキング温度が充分高いため交換バイアス磁界の温度依存性が小さな磁気抵抗効果素子を得ることができる。また、第1の強磁性層であるCoの層厚を厚くでき、これにより3%以上の磁気抵抗変化率を得ることができる。

【0079】さらに本発明のMR素子は、基板上に、少なくとも、NiMn合金膜からなる第1の反強磁性層、第1の強磁性層、第1の非磁性層、第2の強磁性層、第2の非磁性層、第3の強磁性層及び第2の反強磁性層が該基板側からこの順序で積層されている。このように、二重スピバルブ構造において、NiMn合金によって良好な反強磁性を得た第1の反強磁性層を用いることにより、センス電流が作る磁界によりピンニングされている磁化の向きが乱されることを妨げることもできる。

【0080】もちろん、二重スピバルブ構造とすることにより、基本構造のスピバルブ膜よりも大きな磁気抵抗変化率を安定に得ることができ、かつ、電極間の抵

抗値を下げることができる。

【0081】さらに、本発明のMR素子の製造方法によれば、NiMn合金層を非磁性層又は第1の非磁性層及び第2の強磁性層の積層前に形成して磁界中熱処理しているため、NiMn合金によって良好な反強磁性を得るために高温で長時間の磁界中熱処理を行っても、非磁性層又は第1の非磁性層と第2の強磁性層との界面において相互拡散が生じて磁気抵抗変化率が低下するような不都合が生じない。従って、高い磁気抵抗効果を安定に示すMR素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるMR素子の一実施形態を示す斜視断面図である。

【図2】図1の実施形態における製造工程の一例を示すフローチャートである。

【図3】図1の実施形態における製造工程の他の例を示すフローチャートである。

【図4】本発明におけるMR素子の他の実施形態を示す斜視断面図である。

【図5】図4の実施形態における製造工程の一例を示すフローチャートである。

【図6】図4の実施形態における製造工程の他の例を示すフローチャートである。

【図7】図1に示すスピバルブ構造を有する一実施例におけるNiMn膜のX線回折パターンを示す図である。

【図8】図1に示すスピバルブ構造を有する一実施例における磁気抵抗変化特性を表わす図である。

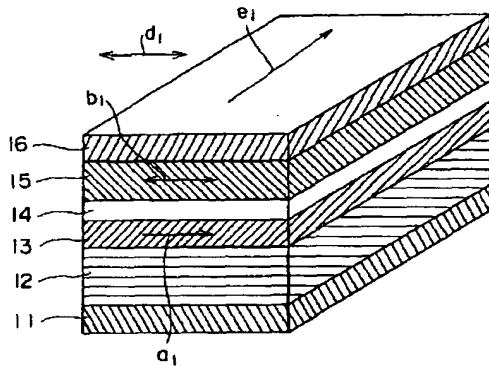
【図9】図1に示すスピバルブ構造を有する一実施例における交換バイアス磁界の温度依存特性を表わす図である。

【図10】図1に示すスピバルブ構造を有しかつ実際のMR素子の形状を有する一実施例における磁気抵抗変化特性を表わす図である。

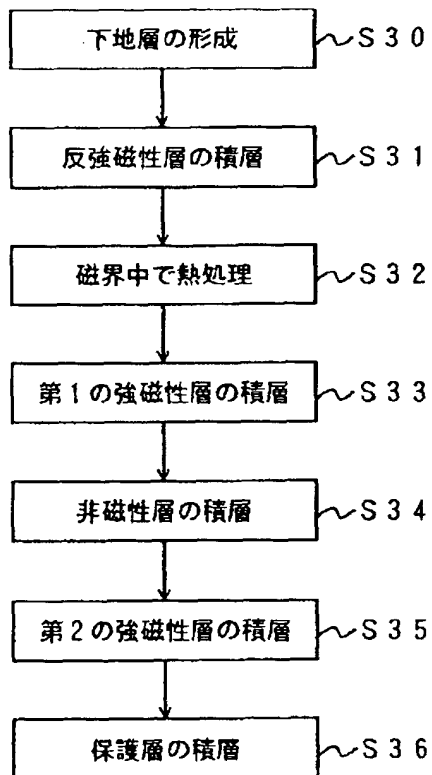
【符号の説明】

- 11、41 下地層
- 12 反強磁性層
- 13、43 第1の強磁性層
- 14 非磁性層
- 15、45 第2の強磁性層
- 16、49 保護層
- 42 第1の反強磁性層
- 44 第1の非磁性層
- 46 第2の非磁性層
- 47 第3の強磁性層
- 48 第2の反強磁性層

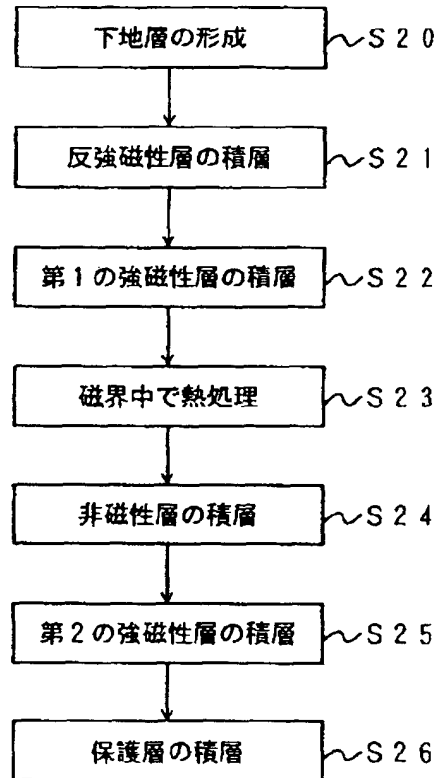
【図 1】



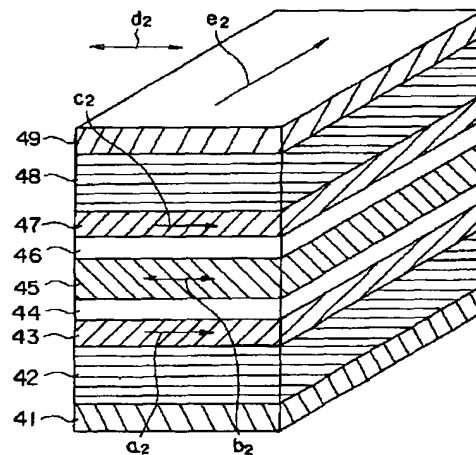
【図 3】



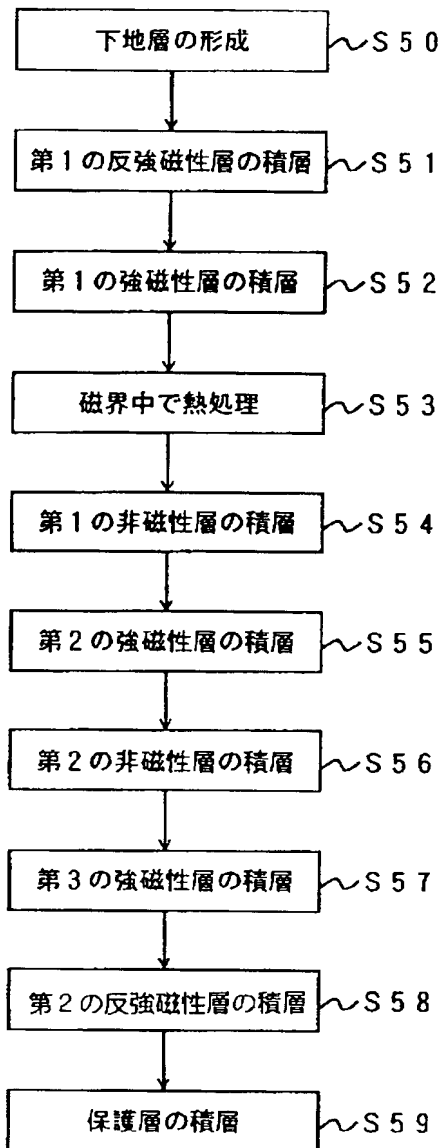
【図 2】



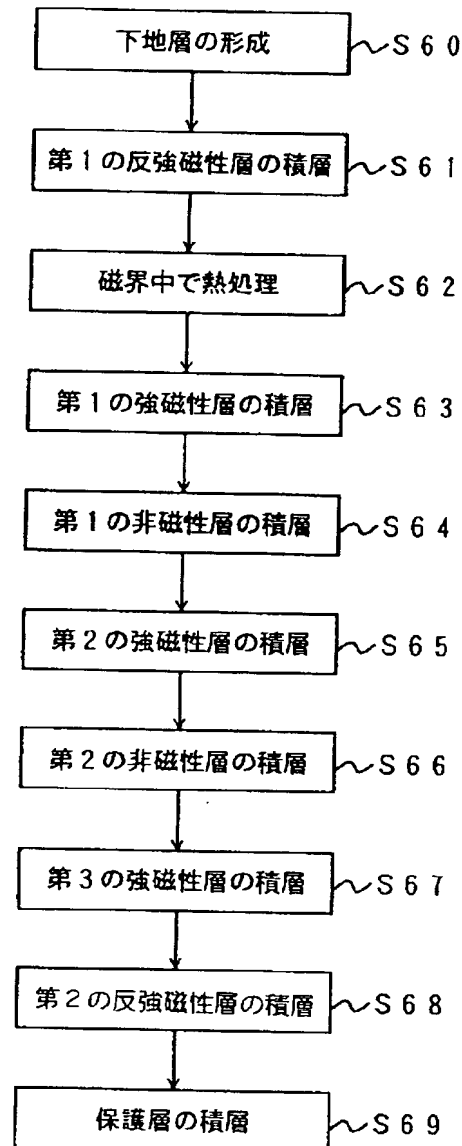
【図 4】



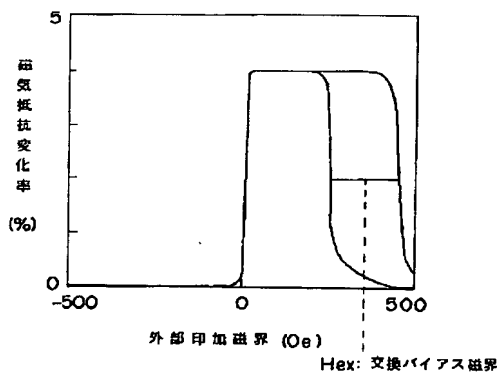
【図5】



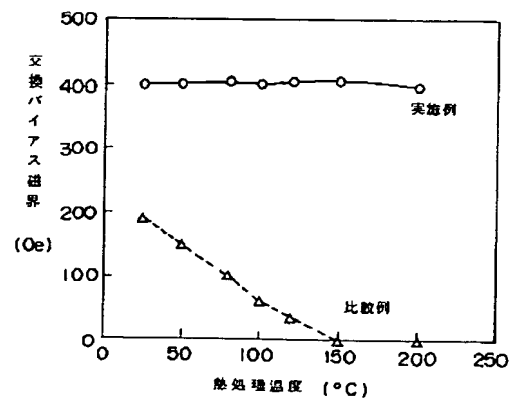
【図6】



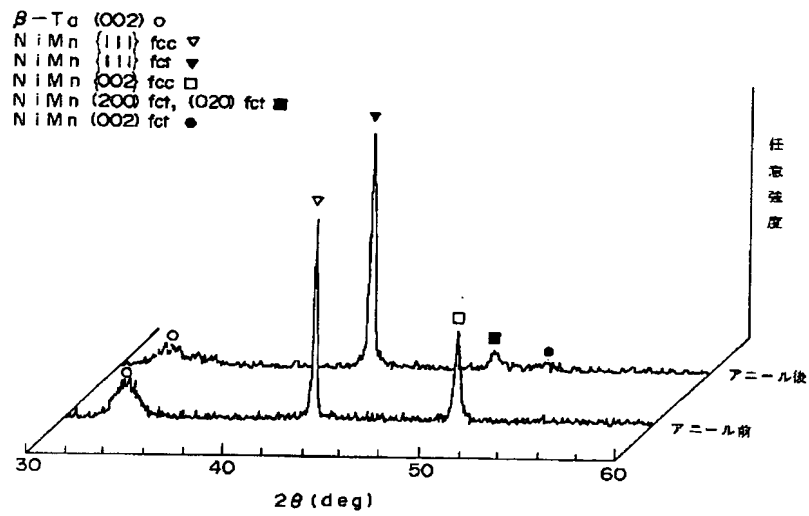
【図8】



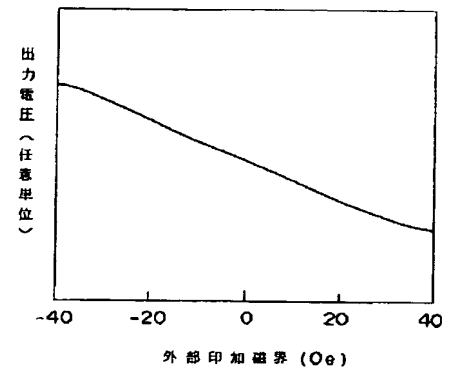
【図9】



【図7】



【図10】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-063021

(43)Date of publication of application : 07.03.1995

51)Int.Cl.

F01L 13/00

F01L 1/18

F01L 1/26

21)Application number : 05-243494

(71)Applicant : HIKITA TAKASHI

22)Date of filing : 24.08.1993

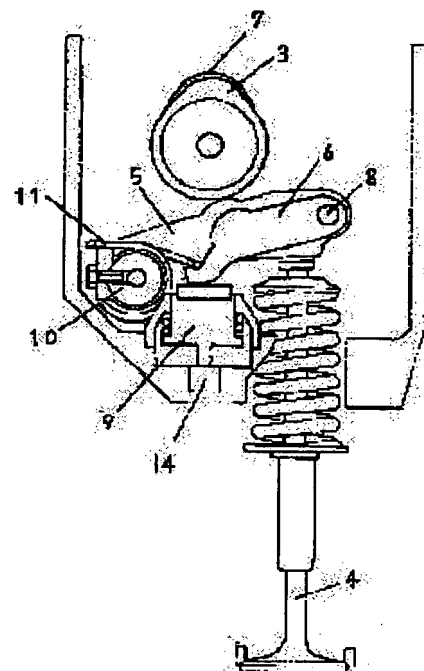
(72)Inventor : HIKITA TAKASHI

54) VARIABLE VALVE TIMING MECHANISM

57)Abstract:

PURPOSE: To provide a mechanism having good high speed rotational performance and mechanical reliability compared with a conventional same kind of a mechanism.

CONSTITUTION: Two low speed rocker arms 5 and a high speed rocker arm 6 are arranged with respect to tow intake/exhaust valve. A transmission receiving body 9 is arranged on the end part of the rocker arm shaft 10 side of the high speed rocker arm 6. The transmission receiving body 9 is moved vertically by sliding of a transmission slide plate 4 positioned on the bottom part thereof. As a result, the clearance between the high speed rocker arm 6 and a high speed cam 7 is increased or eliminated. As a result, the opening/closing timing of the exhaust valve is switched into two steps of for low speed and for high speed. It is thus possible to switch a rocker arm by a pure mechanical mechanism compared with such a way that the rocker arm is switched by utilizing oil pressure in the conventional mechanism.



LEGAL STATUS

Date of request for examination]

09.12.1994

Date of sending the examiner's decision of rejection]

Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

Date of final disposal for application]

Patent number]

2640649

Date of registration]

02.05.1997

Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

Date of extinction of right]

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- . This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- . **** shows the word which can not be translated.
- . In the drawings, any words are not translated.

 CLAIMS

Claim(s)]

ie type which has a DOHC mechanism and has two inhalation-of-air bulbs per cylinder (1), and two exhaust air bulbs (2) also in a four-cycle internal combustion engine -- setting -- (**) -- the cam for low speeds -- every one rocker arm for low speeds (5) which drives by the piece (3) and pushes a direct pumping bulb (4) exists to one pumping bulb (4) between two rocker arms for low speeds (5) -- one rocker arm for high-speed (6) -- existing -- the cam for high-speed -- drive by the piece (7) As for this rocker arm for high-speed (6), the end is connected with the point of the rocker arm for low speeds (5) by the contact pin (8). Moreover, it supports with the passivity object for the gear change already arranged in the end at the lower part of the rocker arm for high-speed (6) (9). Moreover, this rocker arm for high-speed (6) is pressed down with the absorption spring (11) of operation which are the parts in which the upper part of the end by the side of the passive object for gear change (9) was attached by the rocker arm shaft (10).

;) The passive object for gear change (9) exists in the lower part of the rocker arm for high-speed (6). the cam for high-speed to which this passive object for gear change (9) exists in the rocker arm for high-speed (6), and right above of it] when oneself moves up and down -- path clearance with a piece (7) is made into zero, or is enlarged This passive object for gear change (9) is attached in the base material for carrier dynamic bodies for gear change (12) with return spring (13). Moreover, the part called slide plate for gear change (14) exists in the lower part further. With the slide of this part, the passive object for gear change (9) moves up and down. The bulb breaker style of the four-cycle internal combustion engine which consists of the above composition.

 Translation done.]

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

.**** shows the word which can not be translated.

.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

Detailed Description of the Invention]

0001]

[Industrial Application] This invention relates to a four-cycle internal combustion engine.

0002]

Description of the Prior Art] In the conventional four-cycle internal combustion engine, there was a thing equipped with the adjustable valve timing mechanism. This is the mechanism in which it is going to reconcile the high torque in low speed, and the high power in high speed, by changing the opening-and-closing timing of a pumping bulb (4) in the time of low-speed rotation and high-speed rotation. a cam-shaft top with the same thing with this invention and a relation deep also in this -- two kinds of cams, the object for low speeds, and the object for high-speed, -- it is the thing which put the piece in order and used the rocker arm for this and which is changed and is made into the method of a change according to a mechanism

0003]

Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, some problem existed in this conventional main mechanism. That is because it is most which uses oil pressure for a change of a rocker arm. This brings [1st] about complication of mechanism first. It is because reservation of an oil pressure path, existence of the opening-and-closing bulb for oil pressure, etc. are required for it. Moreover, the reaction rate of a mechanism is also considered that the part using oil pressure and some delay exist.

0004]

Means for Solving the Problem] In this invention, in order to solve the fault of the more than which this conventional kind of adjustable valve timing mechanism has, the change mechanism of a rocker arm was made [which does not need oil pressure / pure] mechanical. Drawing 1 is a side elevation in case the engine of this invention is low-speed rotation. Drawing 2 is a side elevation in case the engine of this invention is high-speed rotation. Drawing 3 is the parts list of the component part for the Lords of this invention. In this invention, one rocker arm for high-speed (6) exists between two rocker arms for low speeds (5) so that it may understand also from these drawings. The end is connected to the point of the rocker arm for low speeds (5) by parts called a contact pin (8) in this rocker arm for high-speed (6). Moreover, an end is already supported with the passive body for gear change (9) located in the rocker-arm lower part. Moreover, this rocker arm for high-speed (6) is pressed down with the absorption spring (11) of operation which are the parts in which the upper part of the end by the side of the passive object for gear change (9) was attached by the rocker arm shaft (10). Moreover, the passive body for gear change (9) is given with a return spring (13) for the base material for carrier dynamic bodies for gear change (12) so that drawing 1 , drawing 2 , and drawing 3 may also show. Moreover, the slide plate for gear change (14) exists in the pan at the lower part.

0005]

Function] As mentioned above, drawing 1 is the situation of this invention in case an engine is low-speed rotation. In this case, the portion into which the slide plate for gear change (14) was cratered touches at the nose of cam of lower of the passive object for gear change (9). Consequently, the upper part of the passive body for gear change (9) is caudad located compared with the time of the engine currently drawn on drawing 2 being high-speed rotation. And the edge of the passive object (9) side ** for high-speed of the rocker arm for high-speed (6) is also located caudad. consequently, the rocker arm for high-speed (6) and the cam for high-speed -- path clearance occurs between pieces (7) as this result - a pumping bulb (4) -- the cam for low speeds -- it will drive by the rocker arm for low speeds (5) driven by the piece 3) On the other hand, drawing 2 is the situation of this invention in case an engine is high-speed rotation. In this case, the slide plate for gear change (14) slides, and the even and high portion into which this plate is not cratered is hanging so that it may touch at the nose of cam of lower of the passive object for gear change (9). Consequently, the upper part of the passive body for gear change (9) is located up compared with the time of the engine currently drawn

/ drawing 1 being low-speed rotation. And the edge by the side of the passive object for high-speed (9) of the rocker arm for high-speed (6) is also located up. consequently, the rocker arm for high-speed (6) and the cam for high-speed -- the path clearance with a piece (7) becomes zero although a pumping bulb (4) is directly pushed on the rocker arm for low speeds (6) as this result -- indirect -- the cam for high-speed -- it will be pushed on the bottom of rule of the rocker arm for high-speed (6) driven to a piece (7)

006]

Example 1] In the example shown in drawing 1 , drawing 2 , and drawing 3 , it is a temporary setup that an electric actuator performs the slide of the slide plate for gear change (14).

007]

Example 2] However, in this invention, it is also possible to perform power of a slide of the slide plate for gear change (4) under the other power, for example, the mechanical power which took out from the crankshaft. This will call it the freedom of hitting carrying out this invention.

008]

Effect of the Invention] As mentioned above, in this invention, it succeeded in changing an adjustable valve timing mechanism mechanically purely without using oil pressure. As this result, it became possible more to change gears more certainly at high speed compared with the conventional adjustable valve timing mechanism in which oil pressure was used. moreover, the part which needs neither a more [in mechanism] complicated oil pressure path, nor an opening-and-closing bulb -- it became possible to acquire high mechanism reliability

[translation done.]

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

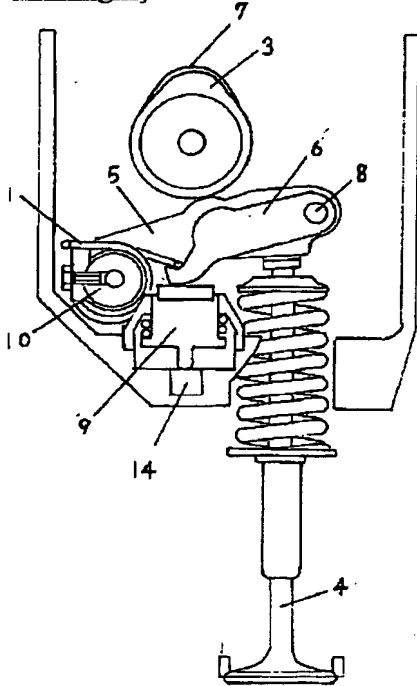
This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

**** shows the word which can not be translated.

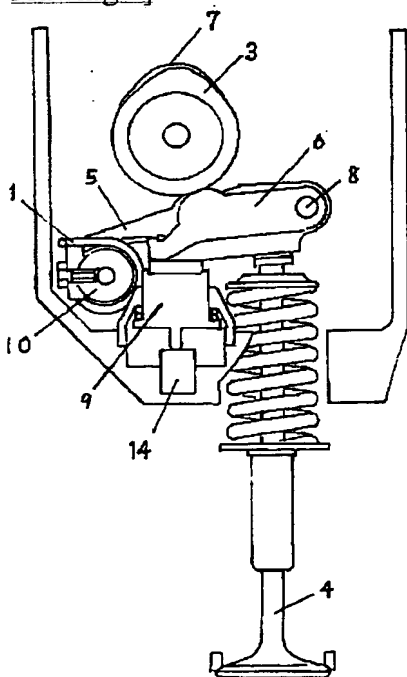
In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

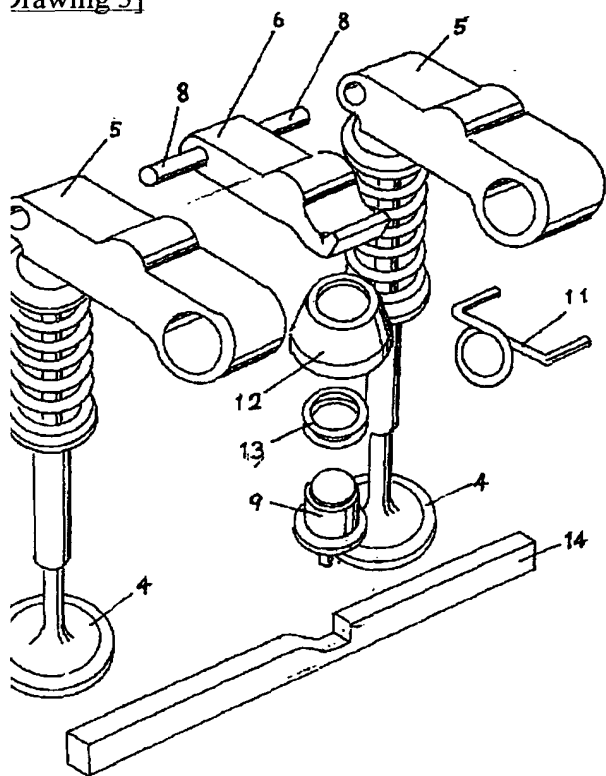
Drawing 1]



Drawing 2]



Drawing 3]



[ranslation done.]